الوحدة الرابعة

خواص السوائل

بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن يكون الطالب قادراً على:

معرفة مفهوم الحالة السائلة

معرفة بعض خواص السوائل

التبخير

الضغط البخاري

درجة الغليان

درجة التجمد

التوتر السطحي

الارتفاع الشعري

اللزوجة

أهمية دراسة خواص السوائل في الحياة العملية

الالمام بأجهزة قياس بعض خواص السوائل والأساس العلمي لها

بعض التطبيقات لخواص السوائل في مجال الزراعة

الحالة السائلة للمادة The liquid state of Matter

حالة المادة : هي الصفة الفيزيائية والكيميائية للمادة (شكل الروابط بين جزيئاتها)

الحالة السائلة للمادة:

هي تلك الحالة التى لا يكون فيها للمادة شكل محدد وإنما تأخذ شكل الإناء أو الحيز الذى تتواجد فيه كما فى الحالة الغازية ألا أن للمادة فى الحالة السائلة سطح كما أن حجمها مميز بذاته.

ويرجع اختلاف خواص السوائل عن الغازات إلى نظرية الحركة لجزيئات المادة فتكون الجزيئات فى الحالة السائلة متقاربة بحيث تصبح المسافة بين الجزيئات وبعضها البعض أقل كثيراً جداً من تلك المسافات بين جزيئات المادة وبعضها البعض فى حالتها الغازية

جدول (١) مقارنة بين حالات المادة الثلاثة

الصفة	غاز	سائل	صلب
قوى التجاذب بين الجزيئات	ضعيفة	متوسطة	عالية
حركات الجزيئات	عالية	متوسطة	صفر
المسافة بين الجزيئات	كبيرة	صغيرة	يمكن إهمالها
ترتيب الجزيئات	لا يوجد	تتواجد فى مجاميع	ترتيب منظم فى شكل بلورة
الشكل والحجم	شكل وحجم الاناء	شكل متغير وحجم ثابت	شكل وحجم ثابت
قابلية الانضغاط	قابلة بسهولة	غير قابلة	غير قابلة

التبخير : Evaporation

هو عملية تحرر السائل وتحوله إلي غاز عن طريق طاقة حرارية مبذولة

يمكن تلخيص خطوات تفسير حدوث عملية التبخير كما يلى:

تشير النظرية الحركية Kinetic theory إلى أن كل جزئ يكون فى حركة مستمرة طالما درجة حرارته فوق الصفر المطلق

تكون جزيئات السائل فى حركة عشوائية يصدم بعضها بعضا والجزيئات داخل السائل عرضه لأى تصادم من جميع الاتجاهات مع الجزيئات المتحركة المحيطة بها

بعض الجزيئات السريعة التى تصل إلى سطح السائل تمتلك طاقة حركية كافية للتغلب على قوى جذب الجزيئات المحيطة وبالتالى تترك السطح كبخار

تكون جزيئات السائل المتبقية أقل سرعة وبالتالى تنخفض درجة حرارة السائل ويمتص السائل الحرارة مما يحيط به ويظل يرسل جزيئاته كبخار حتى يختفى السائل ويتحول إلى الحالة البخارية.

حرارة التبخر للسائل Heat of vaporization of liquid

كمية الحرارة الممتصة واللازمة لتحويل ١ جرام من الحالة السائلة إلى حالة غازية وتقاس حرارة التبخر بالسعرات أو الجول

ويلاحظ أن معدل التبخر يزداد بزيادة مساحة السطح ودرجة الحرارة وبنقص الضغط الخارجي.

تحولات المادة

من		إلى			
		صلب	سائل	غاز	بلازما
	صلب	×	انصهار	تسامي	×
	سائل	تجمد	×	تبخر	×
	غاز	ترسب	تكثف	×	تأين
	بلازما	×	×	اعادة تكون الغاز	×

<u>الضغط البخاري:</u> **vapour pressure**

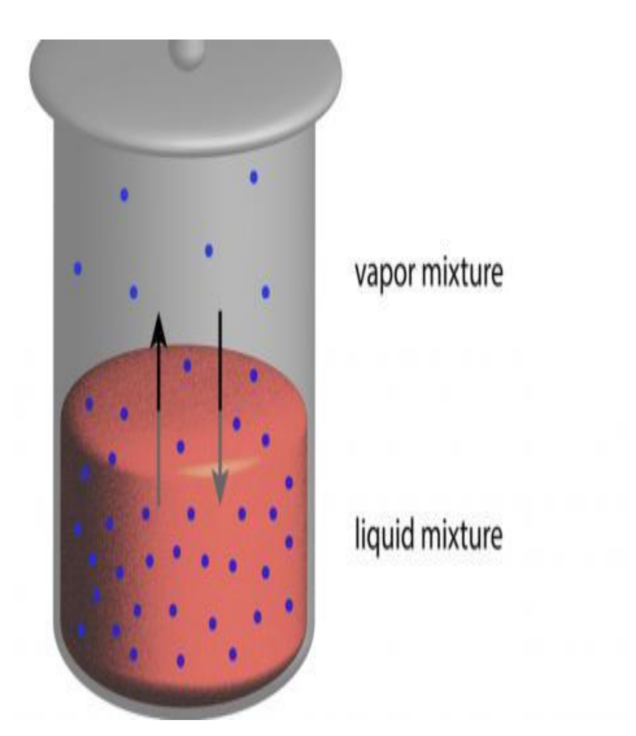
الضغط الناتج من جزيئات بخار السائل (الغاز) الموجود في وعاء مغلق، أي عندما يكون فى حالة توازن مع حالته السائلة.

تعتمد قيمة الضغط البخاري للسائل على درجة الحرارة حيث يزداد الضغط البخاري بارتفاع درجة الحرارة كما يقل بخفضها.

لكل سائل ضغط بخاري خاص به عند درجة حرارة معينة، ولا يتغير إلا بتغير درجة الحرارة

تفسير خاصية الضغط البخاري:

إذا وضع سائل ما فى إناء مغلق فأنه يلاحظ تحول أو هروب بعض الجزيئات من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ويقابل ذلك عودة وتكثيف جزيئات البخار من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة ويعتمد ذلك على تركيز البخار فوق سطح السائل ويزيد عدد هذه الجزيئات العائدة بزيادة تركيزها فى الحيز، فإذا تساوى عدد الجزيئات العائدة مع عدد الجزيئات الهاربة فى نفس اللحظة وهذه حالة من حالات الاتزان الديناميكى بين السائل وبخاره فيقال فى هذه الحالة أن الحيز أصبح مشبعاً ببخار مادة السائل عند درجة حرارة معينة.



ويتم قياس الضغط البخاري للسائل باستخدام
عدة وحدات مثل:

وحدة كيلوباسكال (kPa)

وحدة ضغط جوي (atm)

وحدة بار (bar)

وحدة مليمتر زئبق (mm Hg)

وحدة تور (torr)

العوامل المؤثرة على الضغط البخاري للسائل

- القوى بين الجزيئات الموجودة .... الروابط القوية تملك قيم أقل
- درجة الحرارة ..... علاقة طرديّة

علاقة الضغط البخاري بدرجة الغليان:

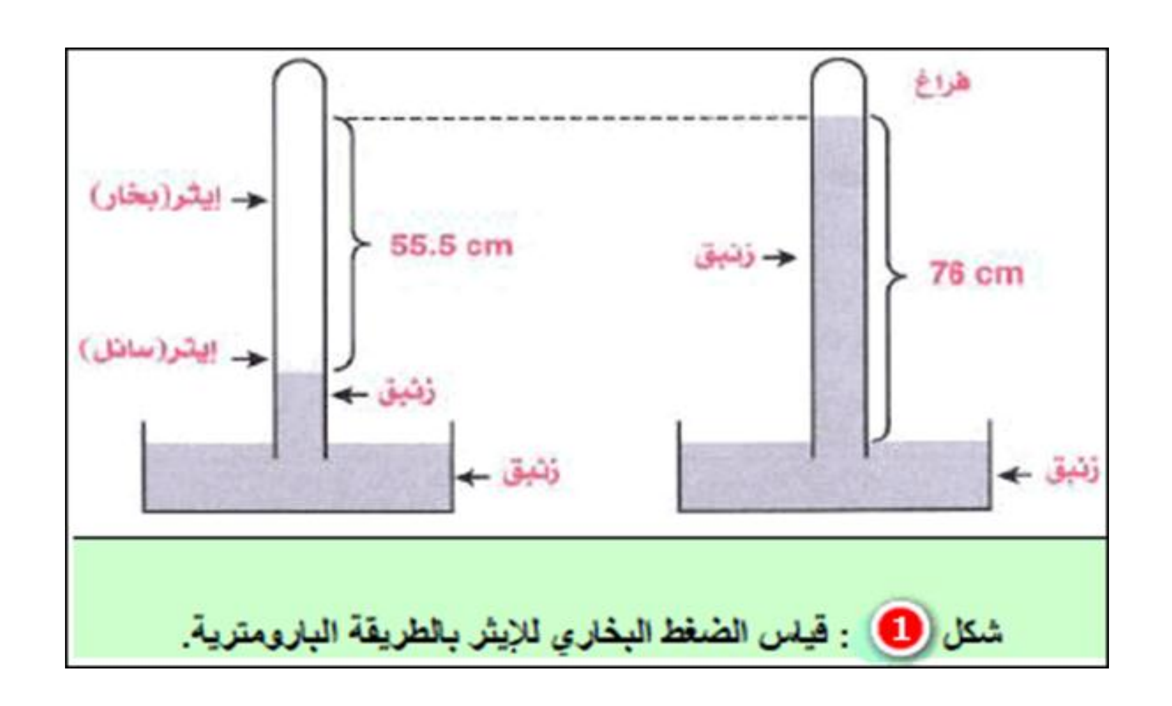
تكمن العلاقة بين الضغط البخاري للسائل ودرجة غليانه في تعريف درجة الغليان، فهي الدرجة التي يتساوى فيها ضغط البخار مع ضغط الغلاف الجوي، وعندها يكون السائل قادراً على تكوين فقاعات بخار داخل المادة.

قياس الضغط البخارى للسائل:

هناك ثلاث طرق تستخدم لقياس الضغط البخاري للسائل وهى:

أولاً: الطريقة الاستاتيكية

يستخدم لذلك الغرض أنبوبة بارومتر تملئ بالزئبق وتدخل فى الحيز الذى فوق سطح الزئبق كمية من السائل فيتبخر جزء من السائل حتى نصل إلى حالة الاتزان بين السائل نفسه وبخاره فيندفع نتيجة لذلك سطح الزئبق إلى أسفل ويمكن حينئذ تعيين ضغط ذلك البخار بتعيين مقدار الانخفاض فى سطح الزئبق



شكل 1 : قياس الضغط البخاري للإيثر بالطريقة البارومترية.

ثانيا: <u>طريقة الغاز المشبع</u>

امرار تيار بطئ من الهواء الجاف عند درجة حرارة ثابتة فى كمية من السائل المراد تعيين ضغطه البخارى (الماء مثلا) ثم يسمح لتيار الهواء المشبع ببخار الماء بالمرور بعد ذلك على مجموعة من أنابيب الامتصاص حيث يمتص بخار الماء، فلو علم وزن أنابيب الامتصاص قبل وبعد مرور الهواء أمكننا معرفة وزن البخار الممتص وحيث أن كمية البخار الممتص تتناسب طردياً مع الضغط البخاري للسائل فيمكنا حساب الضغط البخاري للسائل كما يلى:

بفرض أن (v) هو الحجم الذى يحتوى على (m) جرام من السائل المتبخر و(M) الوزن الجزيئى لذلك البخار و(P) الضغط البخاري عند درجة الحرارة (T)

$$PV = nRT$$

$$= \frac{m}{M}\ RT$$

$$P= \frac{mRT}{VM}$$

ثالثا: الطريقة الديناميكية

أساسها أنه إذا تبخر سائل إلى غاز فإن ضغطه الجزئى عند الاتزان يساوى الضغط البخارى، ونسبة ضغطه الجزئى (P_1) إلى الضغط الكلى (P) تكون هى نسبة عدد المولات من البخار (n_1) إلى العدد الكلى لمولات البخار والغاز.

$$\frac{P_1}{P} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

وعملياً فإن كمية معينة من الغاز عند ضغط معين عند مرورها فوق سائل ببطء تصبح مشبعة بالبخار عند درجة حرارة التجربة. وأن كمية البخار يمكن معرفتها من وزن السائل أو من الزيادة فى الوزن للمادة الممتصة .

درجة الغليان: Boiling point

تعرف بأنها درجة الحرارة التى يصبح عندها ضغط بخار السائل مساويا للضغط الجوى الخارجى على سطح ذلك السائل.

وبالتالى إذا كان الضغط الخارجى منخفض تنخفض تبعا لذلك درجة غليان السائل والعكس صحيح.

ودرجة غليان السائل لا تعتمد فقط على طبيعة السائل ولكن أيضا على الضغط الجوى الخارجى الواقع على السائل فى وقت قياس درجة الغليان. فنجد أن درجة غليان الماء على قمة الجبل تكون أقل منها عند سطح البحر.

ومن أهم درجات الغليان المعروفة:

درجة غليان الماء وهى عاده ١٠٠ºم

أقل السوائل شيوعا هو الأكسجين السائل حيث يغلى عند - ١٨٣ºم.

درجة الغليان القياسية Normal Boiling point

هي درجة الحرارة التي يكون عندها الضغط البخاري للسائل مساويا ٧٦٠ مم زئبق (ضغط جوى واحد) لهذا السائل .

درجة التجمد: Freezing point

تؤثر درجة الحرارة على تجمع جزئيات السائل فى شكل بلورى.
انخفاض درجة الحرارة يعمل على فقد جزيئات السائل القدرة على الحركة السريعة مما يؤدي إلي تجمع الجزئيات فى شكل بلورى محدد ثابت، أي تحوله للحالة الصلبة.

نقطة التجمد للسائل " Freezing point أو نقطة الانصهار للصلب melting point

هي درجة الحرارة التى يكون فيها كل من الحالة الصلبة والسائلـة للمـادة فى حالة أتزان.
عند ضغط قدره ١ ض. ج للماء تساوى صفر° م وللهيدروجين ٢٥٩°م،
وجود الشوائب يقلل من نقطة الانصهار فالماء المحتوى على الملح يتجمد عند درجة حرارة أقل من الماء النقي، ونقطة الانصهار أو التجمد تستخدم لاختبار نقاوة المادة.
وعند درجة التجمد يكون الضغط البخارى للحالة السائلة والحالة الصلبة للمادة متساوي، ويؤثر التغير فى الضغط الخارجى على الضغط البخارى للحالة السائلة والحالة الصلبة للمادة وبالتالى على درجة الحرارة عند الاتزان.

درجة التجمد القياسية Normal Freezing point

هي درجة الحرارة التى عندها يكون كل من الحالة السائلة والحالة الصلبة لهما نفس الضغط البخارى، ويكون الضغط الخارجى للمادة مساويا واحد ضغط جوى.

التوتر السطحى Surface tension

هو التأثير الذي يجعل الطبقة السطحية لأي سائل تتصرف كغشاء مرن

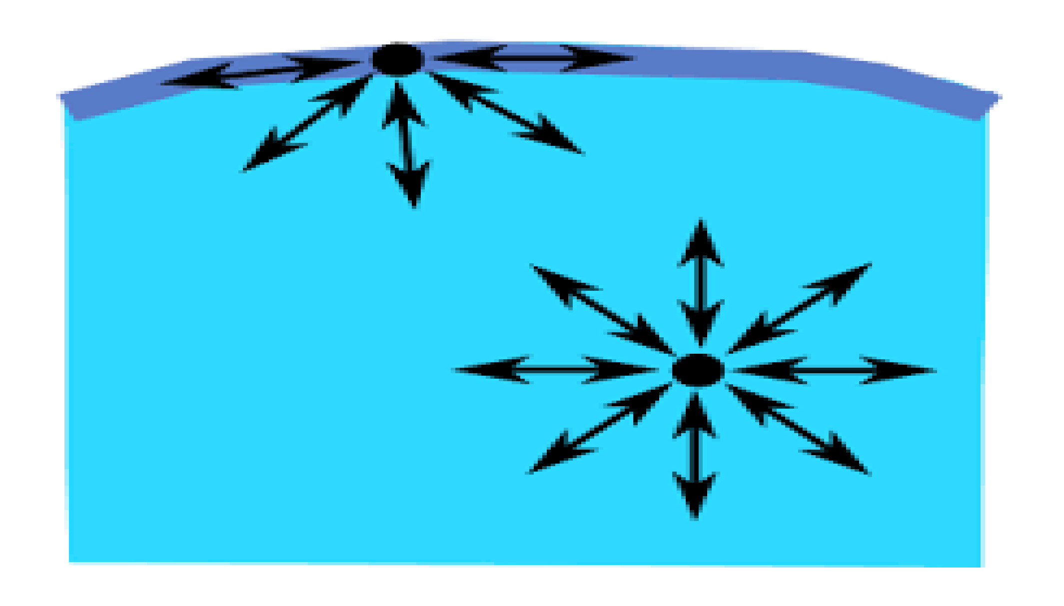
هو القوة المؤثرة عمودياً على طول خط عمل وحدة القوى عندما تكون هذه القوى موازية للسطح.

أو هو القوة على سطح السائل التى تقاوم حدوث زيادة فى مساحة هذا السطح ووحداتها نيوتن. م$^{-1}$ أو داين. سم$^{-1}$.

تفسير ظاهرة التوتر السطحي:

- يتأثر الجزيء داخل السائل بقوى تماسك أو تجاذب مع جزئيات السائل من جميع الاتجاهات وبنفس القدر تقريباً أي أن محصلة القوى هنا يمكن اهمالها.
- يتأثر الجزيء على السطح بقوى جذب إلي الداخل وبقوى تلاصق مع جزيئات الهواء من الأعلى وتكون المحصلة في اتجاه قوى التماسك
- يؤدي ذلك إلى تقلص سطح السائل ليشغل أقل مساحة ممكنة له

لهذا السبب نجد أن قطرات السائل تأخذ الشكل الكروي لأن مساحة سطح الكرة أصغر مساحة يمكن أن يشغلها أي حجم من السائل.

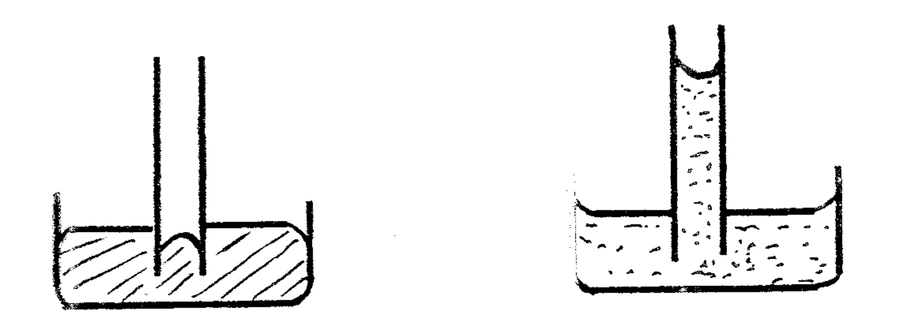




تنقسم قدرة السوائل على إحداث بلل للأسطح الصلبة إلى:

١- **سوائل مبللة للسطح الصلب**: مثل الماء والكحول أى أن قوى التجاذب بين جزيئات السطح الصلب وجزيئات السائل (التلاصق) أكبر من قوى التجاذب بين جزيئات السائل نفسه (التماسك) وينتج عن ذلك انتشار السائل فوق السطح الصلب فإذا غمسنا أنبوبة شعرية من الزجاج فى الماء فإننا نجد أن سطح الماء يرتفع فى الأنبوبة الشعرية أعلى من مستواه خارجها.

٢ - **سوائل غير مبللة للسطح الصلب**: مثل الزئبق أى أن قوى التجاذب بين جزيئات السائل أكبر بكثير من قوى التجاذب بين جزيئات السطح الصلب وجزيئات السائل وفى هذه الحالة يتحدب سطح السائل فى الأنبوبة ويؤدى التنافر بين سطح السائل والجدار عند منطقة التلامس إلى محاولة زيادة المساحة السطحية المعروضة من السائل فيأخذ هذا السائل فى الهبوط فى الأنبوبة الشعرية إلى مدى يتوقف على ميل السائل فى مقاومة أى زيادة فى مساحة سطح .



شكل (٤) : ارتفاع الماء وانخفاض الزئبق فى الأنابيب الشعرية

التماسك والتلاصق

التماسك:

يعرف التماسك Cohesion بأنه الميل لدى جزيئات المادة لجذب بعضها البعض، وتعد هذه الخاصية هي التفسير لظاهرة التوتر السطحي للسائل، التي تعطي سطح السائل مظهراً شبيهاً بالجلد، فهو عبارة عن طبقة رقيقة جداً من جزيئات نفس المادة المنجذبة لبعضها البعض بقوة أكبر من تلك القوة التي تربطها بجزيئات الأجسام الأخرى، وقد يمتلك السائل قوة تماسك كبيرة كتلك التي يمتلكها الماء والتي تمكن الذبابة من الوقوف على سطحها.

التلاصق:

يعرف التلاصق adhesion بأنه القوة التي تربط بين جزيئات المواد المختلفة، فالسوائل بشكل عام لا تنجذب فقط لبعضها البعض، بل قد تنجذب أيضاً للوعاء أو الأنبوب الحامل لجزيئات السائل، حيث إن جزيئات السائل تكون عادة مرتفعة عند الحواف فوق مستوى السائل في الوسط، وذلك نتيجة لقوى التلاصق بين السائل والأنبوب، ويبدو سطح السائل ذا شكل منحني مقعر كنتيجة لتمازج خاصتي التماسك والتلاصق للسائل.

طرق قياس التوتر السطحى :

١- طريقة الارتفاع الشعرى

٢ - طريقة القطرة

٣ - طريقة الضغط القصي للفقاعة

٤ - طريقة الميزان الالتوائي

وسوف نقوم بشرح أهم هذه الطرق وهى طريقة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية .

طريقة الارتفاع الشعرى: Capilary-rise method

يقاس التوتر السطحي باستخدام الأنابيب الشعرية بقياس ارتفاع السائل (h) داخل الانبوبة الشعرية التي نصف قطرها (r) وذلك باستخدام القانون التالي:

$$\sigma = 1/2\ r\ h\ d\ g$$

σ = التوتر السطحي ....داين. سم$^{-١}$ أو نيوتن. متر$^{-١}$

d = كثافة السائل

g = عجلة الجاذبية الأرضية

الخاصية الشعرية للسوائل

هى حركة السوائل من اسفل لأعلى أو ارتفاع السوائل في الأنابيب الشعرية

تلعب تلك الظاهرة دوراً في سريان الماء في النباتات الحية. فهي التي تمكن جذور النبات من امتصاص الماء بما فيه من مواد مغذية ذائبة من التربة.

العلاقة بين ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية و التوتر السطحي للسائل:

إذا غمرنا طرف أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين ذات قطر داخلي صغير رأسيا في سائل (الماء) فإننا نلاحظ ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية إلى مستوى أعلي من مستواه خارج الأنبوبة وذلك بسبب تغلب قوى التلاصق بين الماء والزجاج على قوى تماسك جزيئات الماء

يتوقف ارتفاع السائل على

- نصف قطر الأنبوبة الشعرية حيث يزداد ارتفاع السائل كلما نقص نصف قطر الأنبوبة
- زاوية التماس حيث:

أ) يرتفع السائل في الأنبوبة عن مستوى سطحه خارجها إذا كانت زاوية التماس بين السائل و مادة الأنبوبة حادة و بذلك يكون جيب تمامها أى كمية موجبة (الماء والزجاج)

ب) ينخفض السائل في الأنبوبة عن مستوى سطحه خارجها إذا كانت زاوية التماس منفرجة حيث أن جيب تمامها يكون سالبا (الزئبق والزجاج)

- كثافة السائل حيث يزداد الارتفاع أو الانخفاض كلما قلت الكثافة و العكس صحيح..

اللزوجة: Viscosity

هي المقاومة التي يظهرها السائل فى حالة سريان طبقة منه فوق أخرى وبالتالي فهي مقياس لسرعة سريان السائل بتأثير قوي معينة

معامل اللزوجة: Viscosity coefficient

هو القوة التي تؤثر بين طبقتين متوازيتين لسائل مساحة مقطع كلا منهما الوحدة ويبعدان عن بعضهما مسافة الوحدة لجعل فرق السرعة بينهما الوحدة.

إذا سمح لسائل مثل الماء والزيت بالسريان خلال محتويان متماثلان ثم قورن بين معدل سريانهما يتضح وجود اختلاف كبير بين سرعة سريان كلا منهما، ويظهر أن الزيت أبطء كثيراً من الماء ومعدل السريان يمكن تقديره بلزوجة السائل.

وهذه القوة التى تلزم لكى تنزلق طبقة من سائل ما فوق طبقة أخرى منه موازية لها بسرعة معينة تتناسب طردياً مع مساحة السطح المتحرك من السائل وسرعته ولزوجة هذا السائل وتتناسب عكسياً مع المسافة التي تفصل بين الطبقات.

وعلى هكذا كلما قل معامل اللزوجة كلما زاد سريان السائل والعكس صحيح

العوامل المؤثرة على لزوجة السوائل:

- قوى التجاذب بين جزيئات السائل .... علاقة طردية
- شكل وكتلة وطبيعة تكوين الجزئ (الوزن الجزيئي) .... علاقة طردية
- درجة الحرارة .... علاقة عكسية
- وجود مواد ذائبة .... حسب نوع المادة الذائبة
- الضغط .... علاقة طردية

يرمز لمعامل اللزوجة لسائل ما بالحرف اللاتينى η eta،

وحدة قياس اللزوجة البواز poise نسبة إلى العالم الفرنسي بوازيه Poiseuille

وهو يعادل جم. ث$^{-١}$ سم$^{-١}$

معامل اللزوجة للماء عند ٢٥°م = ٠.٠٠٨٩٥ بواز

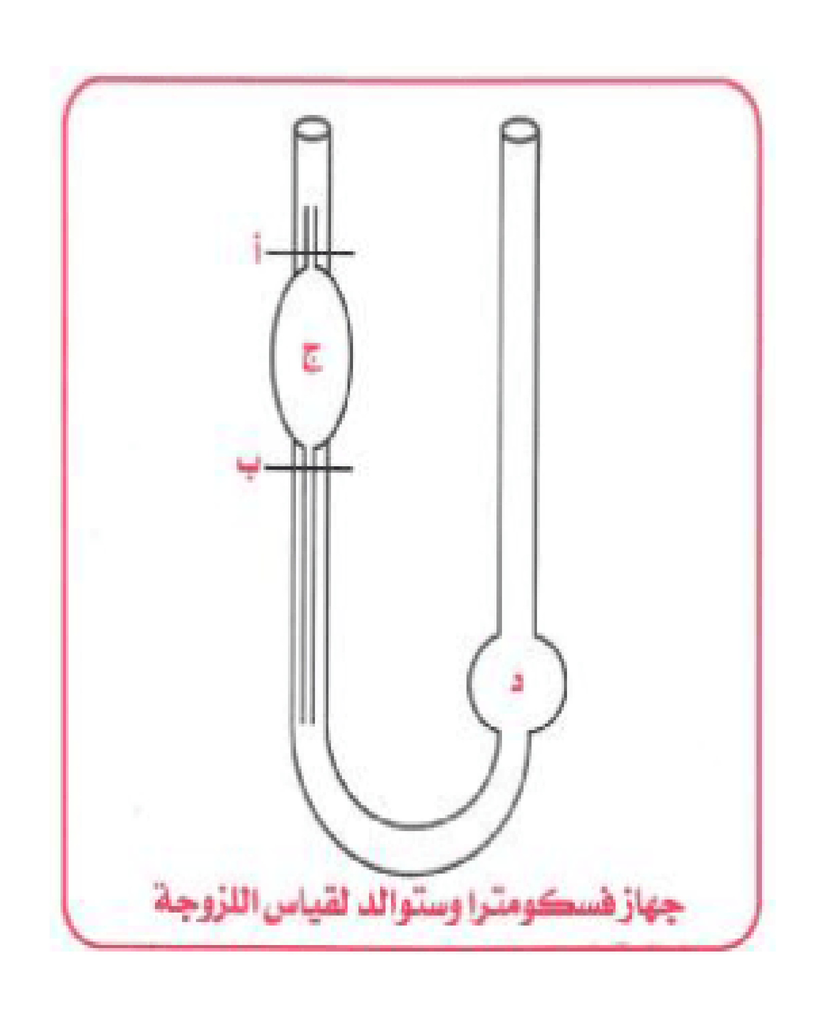
قياس اللزوجة:

قام العالم بوازيه بقياس اللزوجة لسائل بملاحظة الوقت اللازم لسريان حجم معين من السائل خلال أنبوبة شعرية قياسية تحت ضغط معلوم، ويسمى الجهاز المستخدم لقياس اللزوجة viscometer وقد عبر عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8VL}$$

حيث أن:

π	: النسبة التقريبية = ٣.١٤ .
v	: حجم السائل .
η	: لزوجه السائل .
L	: طول الأنبوبة الشعرية التى ينساب السائل خلالها .
r	: نصف قطر الأنبوبة الشعرية .
t	: الزمن اللازم لانسياب السائل .
P	: الضغط الهيدروستاتيكي الواقع على السائل بالداين /سم^{٢}



جهاز فسكومترا وستوالد لقياس اللزوجة

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d1\ t1}{d2\ t2}$$

تطبيقات خواص السوائل في مجال الزراعة
واجب رقم ٣